

Desempenho de cultivares de soja em função da população de plantas em diferentes ambientes de produção do Maranhão



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
24**

**Desempenho de cultivares de soja em função
da população de plantas em diferentes
ambientes de produção do Maranhão**

*Gisele Freitas Vilela
José Salvador Simonetto Foloni
Paulo Fernando de Melo Jorge Vieira*

***Embrapa Soja
Londrina, PR
2020***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral
Caixa Postal 231
CEP 86001-970, Distrito da Warta
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Soja

Presidente
Ricardo Vilela Albdelnoor

Secretária-Executiva
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Membros
Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Claudine Dinali Santos Seixas, José Marcos Gontijo Mandarino, Liliane Marcia Mertz-Henning, Marcelo Hiroshi Hirakuri, Mariangela Hungria da Cunha, Norman Neumaier e Vera de Toledo Benassi

Supervisão editorial
Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol

Normalização bibliográfica
Valeria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol

Foto da capa
José Salvador Simonetto Foloni

1ª edição
PDF Digitalizado (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Soja

Vilela, Gisele Freitas

Desempenho de cultivares de soja em função da população de plantas em diferentes ambientes de produção do Maranhão / Gisele Freitas Vilela, José Salvador Simonetto Foloni, Paulo Fernando de Melo Jorge Vieira. – Londrina : Embrapa Soja, 2020.
27 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Soja, ISSN : 2178-1680 ; n. 24).

1. Performance. 2. Variedade. 3. Densidade de plantio. 4. Densidade de semeadura. 5. Fitotecnia. 6. Interação genética. 7. MATOPIBA. I. Foloni, José Salvador Simonetto. II. Vieira, Paulo Fernando de Melo Jorge. III. Título. IV. Série.

CDD: 633.34 (21. ed.)

© Embrapa, 2020

Sumário

Resumo5

Abstract6

Introdução.....7

Material e Métodos10

Resultados e Discussão13

Conclusão.....25

Referências25

Desempenho de cultivares de soja em função da população de plantas em diferentes ambientes de produção do Maranhão

Gisele Freitas Vilela¹

José Salvador Simonetto Foloni²

Paulo Fernando de Melo Jorge Vieira³

Resumo - O sucesso das cultivares de soja no mercado depende de uma série de informações provenientes de trabalhos de caracterização agrônômica, tais como, o posicionamento fitotécnico. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de cultivares de soja da Embrapa (BRS) em função da população de plantas, em diferentes ambientes de produção do Maranhão. Foram instalados dois experimentos na safra 2016/2017, em Tasso Fragoso, MA e São Raimundo das Mangabeiras, MA, na região denominada de Gerais de Balsas no sul maranhense. Em ambos os locais o delineamento experimental foi estabelecido para avaliar as cultivares BRS 7780 IPRO, BRS 8890 RR, BRS 9180 IPRO, BRS 9383 IPRO, BRS Sambaíba RR e BRS 333 RR, submetidas às densidades de semeadura de 100 mil, 200 mil, 300 mil e 400 mil sementes viáveis por hectare. As populações finais de plantas apresentaram variações dentro de padrões agrônômicos preconizados para a cultura da soja. A altura de planta foi responsiva à densidade de semeadura, e mostrou ser importante para elucidar a dinâmica de crescimento de cultivares. O acamamento atingiu níveis elevados em cultivares suscetíveis, quando foram instaladas com elevadas densidades de semeadura em ambiente favorável ao crescimento vegetativo da cultura. No contexto da interação entre genótipo, ambiente e manejo, o ajuste da população de plantas foi procedimento efetivo para incrementar a produtividade.

Termos de indexação: Densidade de plantas; densidade de semeadura; MATOPIBA; posicionamento fitotécnico; interação entre genótipo, ambiente e manejo.

¹ Engenheira-agrônoma, doutora em Produção Vegetal, pesquisadora da Embrapa Territorial, Campinas, SP.

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Melhoramento Genético, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI.

Performance of soybean cultivars as a function of plant population in different crop environments in Maranhão State, Brazil

Abstract - The success of soybean cultivars on the market is dependent on a series of information from agronomic characterization works, for example, crop management. The objective of this study was to evaluate the performance of Embrapa soybean cultivars (BRS) as a function of plant population in different crop environments in Maranhão (MA) State, Brazil. Two experiments were performed in the season of 2016/17, in Tasso Fragoso and São Raimundo das Mangabeiras, in South region of MA. The experimental design was installed to evaluate the cultivars BRS 7780 IPRO, BRS 8890 RR, BRS 9180 IPRO, BRS 9383 IPRO, BRS Sambaíba RR and BRS 333 RR affected by seed densities of 100, 200, 300 and 400 thousand viable seeds ha⁻¹. The final plant population showed variations that are compatible with the agronomic standards used in soybean crop. The plant height was influenced by seed density and this attribute is important for explaining the growth dynamics of soybean cultivars. The lodging had high levels when the susceptible cultivars were installed with high plant populations in environments favorable to vegetative growth of the crop. In agronomic context of interaction between genotype, environment and management, the adjustment of the plant population is an effective procedure to increase grain yield.

Index terms: Plant density; seed density; MATOPIBA; crop management; Embrapa soybean cultivars; interaction between genotype, environment and management.

Introdução

Na safra 2018/2019 foram cultivados 992 mil hectares de soja no estado do Maranhão (MA), cuja produtividade média foi de 3.000 kg/ha (Conab, 2019; IBGE, 2019).

De acordo com levantamento do IBGE (2019), em termos de extensão de área de cultivo, as microrregiões produtoras de soja do MA na safra 2018/2019 estavam distribuídas da seguinte forma: (1) Gerais de Balsas: 492.716 ha; (2) Chapadas das Mangabeiras: 172.292 ha; (3) Chapadinha: 65.240 ha; (4) Imperatriz: 55.638 ha; (5) Porto Franco: 26.600 ha; (6) Chapada do Alto Itapecuru: 24.505 ha; (7) Alto Mearim e Grajaú: 17.824 ha; (8) Caixas: 14.465 ha; (9) Baixo Parnaíba Maranhense: 8.454 ha; (10) Coelho Neto: 6.000 ha; (11) Presidente Dutra: 1.622 ha.

Quanto ao clima do MA, segundo informações de Alvarez et al. (2013) e Evangelista et al. (2017), utilizando a classificação de Köppen, tem-se a seguinte distribuição territorial: (1) Tipo Aw em 75,4% do MA: clima tropical de savana com inverno seco, sendo a estação chuvosa de novembro a abril e a seca de maio a outubro; em que temperaturas médias mensais variam de 22 °C a 28 °C e as precipitações pluviárias anuais entre 750 mm a 1.800 mm; (2) Tipo Am em 14,3% do MA: clima tropical de monção com estação seca de pequena duração, onde há comumente mais chuvas do que no clima Aw e/ou estações secas menos duradouras; tem mês mais seco logo após o solstício de inverno (julho) e há menores variações de temperatura; e (3) Tipo As em 10,3% do MA: clima tropical de savana com verão seco, o qual ocorre predominantemente na região costeira dos estados do Nordeste e é caracterizado pela baixa precipitação pluvial no verão e inverno chuvoso; no qual as médias mensais de temperatura permanecem acima de 18 °C e os índices pluviométricos anuais variam em torno de 1.600 mm.

No que se refere às regiões edafoclimáticas de adaptação (RECs) para indicação de cultivares de soja no MA, de acordo com o método de Kaster e Farias (2012), foram distinguidos dois ambientes: (1) REC 501: Sul Maranhense (Chapada das Mangabeiras, Gerais de Balsas e Porto Franco), Oeste Maranhense (Imperatriz), Centro Maranhense (Alto Mearim e Grajaú) e Leste Maranhense (Chapada do Alto Itapecuru); e (2) REC 502: Leste Maranhense (Baixo Parnaíba Maranhense, Caixas, Chapadinha e Coelho Neto).

A Embrapa mantém amplo programa de melhoramento de soja desde meados da década de 1970, atendendo todas as regiões sojícolas do Brasil. Especificamente para o MA, atualmente existem várias cultivares de soja BRS ofertadas aos agricultores, conforme descrições de Vilela et al. (2016), Zito et al. (2018) e Silva Neto et al. (2018).

Juntamente com cada cultivar lançada no mercado, disponibiliza-se uma série de informações provenientes de trabalhos de caracterização ecofisiológica, fitotécnica e fitossanitária. Dessa forma, os agricultores e profissionais de assistência técnica têm condições de estabelecer procedimentos agromômicos para explorar ao máximo o potencial genético em rendimento de grãos, assim como, minimizar riscos decorrentes de adversidades climáticas e também utilizar a cultivar como ferramenta no âmbito do manejo integrado de doenças, pragas e plantas daninhas.

Entre os procedimentos que compõem o posicionamento fitotécnico de cultivares de soja, há dois primordiais: época de semeadura e população de plantas; os quais frequentemente apresentam interação entre si, com efeitos combinados sobre o desenvolvimento das plantas, e, além disso, são frequentemente ajustados em função do ambiente de produção e das estratégias de manejo.

As épocas de semeadura para as cultivares BRS de soja são definidas a partir de três critérios: (1) Zoneamento agrícola de risco climático - ZARC (Brasil, 2017); (2) Mapas das RECs que definem a adaptação ambiental e a indicação de valor de cultivo e uso (VCU) das cultivares (Kaster; Farias, 2012; Alvarez et al., 2013); e (3) Demandas específicas de sistemas de produção regionais, e/ou de programas de sucessão/rotação de culturas adotados nas fazendas, que determinam as denominadas janelas de cultivo. Especificamente para o MA, são estabelecidos dois períodos principais para a instalação da cultura da soja, na REC 501 entre novembro e dezembro, e na REC 502 entre janeiro e fevereiro.

O estande de plantas na sojicultura engloba variações do arranjo espacial entre os indivíduos que compõem a lavoura (espaçamento entrelinhas e distribuição das linhas), combinadas com variações do número de indivíduos por unidade de área (população de plantas). Na atualidade, todas as cultivares BRS de soja ofertadas no mercado têm indicação para serem semeadas em

linhas com distribuição simples (equidistantes entre si), com espaçamentos entrelinhas de 0,40 m a 0,60 m. A população de plantas, por sua vez, é rotineiramente ajustada em função de interações entre genótipo, ambiente e manejo, para todas as condições de cultivo, nas diferentes regiões do Brasil.

Os componentes de produção da cultura da soja, mensurados após a plena maturação dos grãos (estádio R8), são os seguintes: (1) número de plantas por unidade de área (população final de plantas); (2) número de vagens por planta; (3) número de grãos por vagem; e (4) massa média de grãos (ou massa de 1.000 grãos). Entre esses componentes, destaca-se o número de vagens por planta que tem expressiva influência sobre a produtividade de grãos, o qual, por sua vez, apresenta alta correlação com a população de plantas.

A planta de soja tem caule e ramos segmentados em nós, nos quais estão localizadas as gemas axilares que podem originar estruturas vegetativas ou reprodutivas (racemos: conjunto de vagens). Dependendo das condições de ambiente, notadamente fotoperíodo, temperatura e disponibilidade hídrica, assim como, do manejo do solo (acidez, nível de fósforo, etc.), a lavoura pode crescer em porte e/ou em ramificação, acarretando em incremento do número de nós por planta, o que significa maior capacidade de gerar vagens (maior potencial produtivo). E o inverso também é verdadeiro, ou seja, caso as condições de cultivo sejam desfavoráveis ao crescimento da soja, há decréscimo do porte e da ramificação, e conseqüentemente reduz-se o número de nós por planta, prejudicando o potencial de rendimento de grãos.

No que se refere ao ajuste da população de plantas e sua relação com o crescimento vegetativo da soja, tem-se as seguintes considerações: (1) Em condições desfavoráveis de ambiente, o aumento da população de plantas pode compensar a redução do porte e da ramificação, mantendo o potencial produtivo ou minimizando perdas; e (2) Por outro lado, populações excessivas de plantas podem elevar a competição intraespecífica e fazer declinar a produtividade, e também podem intensificar anomalias como o acamamento.

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de cultivares BRS de soja em função da população de plantas, em diferentes ambientes de produção do Maranhão.

Material e Métodos

Foram instalados dois experimentos na safra 2016/2017, com as seguintes localizações: (1) Fazenda Parnaíba em Tasso Fragoso, MA (TF), a 08° 31' 40" sul, 46° 04' 18" oeste e 577 m de altitude; (2) Fazenda Santa Luzia em São Raimundo das Mangabeiras, MA (SRM), a 06° 50' 51" sul, 45° 23' 48" oeste e 509 m de altitude. As duas áreas experimentais estão localizadas na microrregião denominada Gerais de Balsas no Sul maranhense, no âmbito da REC 501 para indicação de cultivares de soja (Kaster; Farias, 2012; IBGE, 2019).

O clima da região sul maranhense é classificado como Aw (Köppen), descrito como tropical de savana com inverno seco, sendo predominante nas regiões de abrangência do bioma Cerrado. Caracteriza-se por ter estação chuvosa e quente de novembro a abril e seca e quente de maio a outubro. As temperaturas médias mensais variam de 22 °C a 28 °C e as precipitações pluviiais anuais de 750 mm a 1.800 mm (Kaster; Farias, 2012; Alvarez et al., 2013; Evangelista et al., 2017).

Os solos de ambas as áreas experimentais foram classificados como Latossolo Vermelho-amarelo distróficos de textura média (Santos et al., 2006), os quais tiveram os seus perfis avaliados e encontravam-se aptos para o cultivo de soja. Antes da instalação dos experimentos, em TF e SRM, as áreas vinham sendo manejadas no sistema plantio direto (SPD) por mais de 10 anos com soja na primavera-verão e milho no outono-inverno.

Em meados de setembro de 2016 foram realizadas amostragens na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade dos solos para análise química (Claessen, 1997), com os seguintes resultados para TF e SRM, respectivamente: pH (CaCl₂): 5,6 e 6,2; MO: 1,5% e 2,2%; P: 16 mg/dm³ e 28,4 mg/dm³; H+Al: 2,5 cmol_c/dm³ e 3,2 cmol_c/dm³; K: 0,31 cmol_c/dm³ e 0,32 cmol_c/dm³; Ca: 2,9 cmol_c/dm³ e 4,6 cmol_c/dm³; Mg: 1,0 cmol_c/dm³ e 1,9 cmol_c/dm³; CTC: 6,71 cmol_c/dm³ e 10,02 cmol_c/dm³; Saturação por bases (V): 63% e 68%.

Os experimentos foram instalados em 22/11/16 e 22/12/16 em TF e SRM, respectivamente. Os dados diários de precipitação pluvial e de temperaturas máxima e mínima, coletados no decorrer da condução dos experimentos, estão apresentados na Figura 1.

Todos os procedimentos agrônômicos para instalação e condução das unidades experimentais de soja, como adubação com macro e micronutrientes, tratamento de sementes, inoculação para fixação biológica de N, manejo fitossanitário (plantas daninhas, pragas e doenças), época de semeadura, entre outros, foram realizados conforme indicações de Tecnologias... (2013).

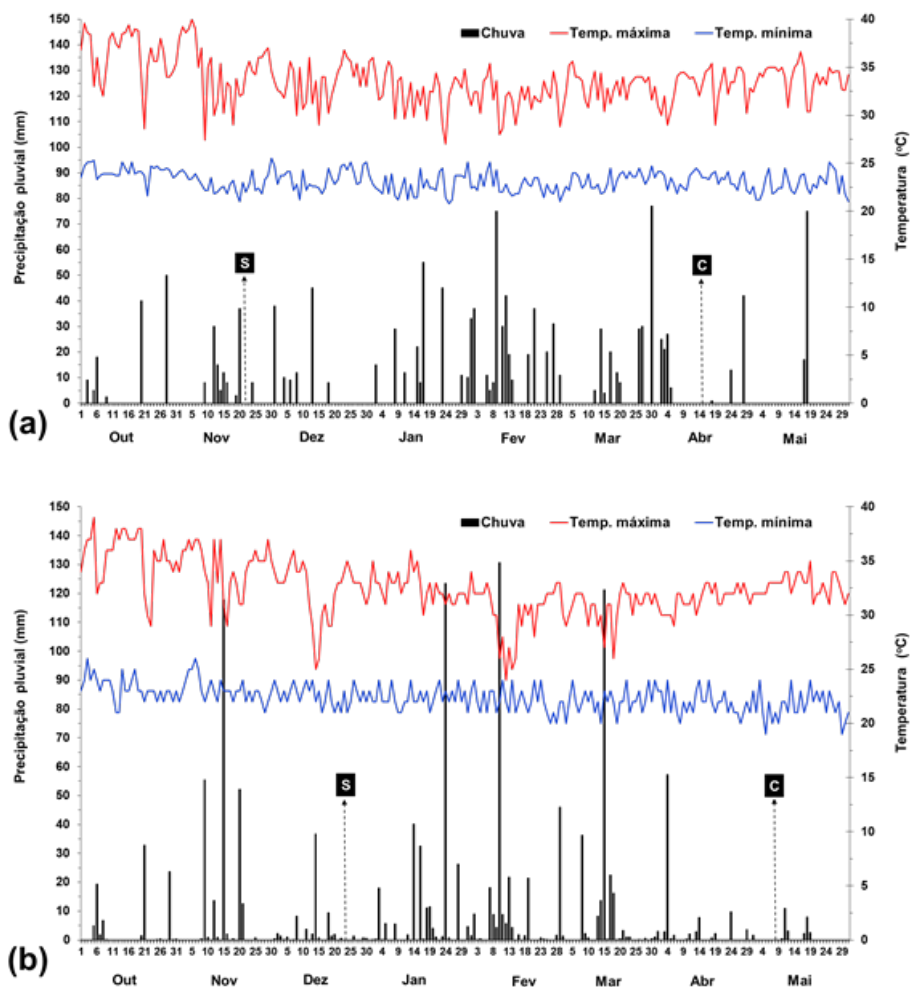


Figura 1. Dados diários de precipitação pluvial e temperaturas máxima e mínima, coletados no decorrer da condução dos experimentos em Tasso Fragoso-MA (a) e em São Raimundo das Mangabeiras-MA (b), na safra 2016/2017. S: Semeadura; C: Colheita.

O delineamento experimental em ambos os locais foi em blocos completos ao acaso, com quatro repetições, no esquema fatorial 6x4, da seguinte forma: cultivares de soja BRS 7780 IPRO, BRS 8890 RR, BRS 9180 IPRO, BRS 9383 IPRO, BRS Sambaíba RR e BRS 333 RR, submetidas às densidades de semeadura de 100 mil, 200 mil, 300 mil e 400 mil sementes viáveis por hectare. As parcelas experimentais foram instaladas com semeadora-adubadora tratorizada no SPD, desenvolvida para experimentação agrícola. As parcelas continham oito linhas de lavoura, espaçadas a 0,50 m e com 10 m de comprimento, e a área útil das mesmas foi formada pelas quatro linhas centrais com 8 m de comprimento.

Na Tabela 1 estão apresentadas algumas características das cultivares utilizadas no trabalho (Vilela et al., 2016; Silva Neto et al., 2018): grupo de maturidade relativa (GMR), duração do ciclo da emergência (VE) à maturação plena dos grãos (R8), altura de planta e hábito de crescimento.

As sementes das seis cultivares de soja foram submetidas a análises de qualidade fisiológica e fitossanitária, para que fosse possível padronizar os lotes a serem utilizados nos experimentos, assim como, para calcular as densidades de semeadura em termos de número de sementes viáveis por unidade de área (Brasil, 2009).

Tabela 1. Características das cultivares de soja utilizadas nos experimentos de Tasso Fragoso, MA e São Raimundo das Mangabeiras, MA.

Cultivar	GMR	Ciclo (dias)	Altura média de planta (cm)	Hábito de crescimento
BRS 7780 IPRO	7.7	105 a 115	92	Semi-determinado
BRS 8890 RR	8.8	101 a 115	65	Determinado
BRS 9180 IPRO	9.1	104 a 131	78	Determinado
BRS 9383 IPRO	9.3	107 a 145	80	Determinado
BRS Sambaíba RR	9.3	104 a 131	76	Determinado
BRS 333 RR	9.4	118 a 128	76	Determinado

Após a maturação plena dos grãos (estádio R8), foram realizadas as seguintes avaliações: (1) Mensuração da altura de planta, do colo ao último nó do caule, em 10 pontos ao acaso na área útil das parcelas; (2) Determinação da população final de plantas, por meio de contagem das plantas em 2 m contíguos de linha de lavoura, em três pontos ao acaso na área útil das parcelas; (3) Quantificação do acamamento, por meio de nota visual de 1 a 5 para 0% a 100% de plantas prostradas, respectivamente, em toda a área útil das parcelas.

Quando a parte aérea das plantas de soja encontrava-se em condições adequadas, após o estágio R8, foi efetuada colheita mecanizada dos grãos de três linhas de 8 m contidas na área útil das parcelas, por meio de colhedora automotriz desenvolvida para experimentação agrícola. Esses grãos foram limpos, pesados e tiveram o teor de água determinado e a produtividade foi calculada com umidade corrigida a 130 g/kg.

O estudo estatístico foi realizado por meio de análise de variância, e os resultados foram submetidos ao teste F a 5% de significância. Para comparar cultivares foi utilizado o teste de Tukey a 5% de significância. E para mensurar os efeitos da densidade de semeadura foi realizada análise de regressão, em que foram ajustadas equações lineares e quadráticas escolhidas em razão do teste F a 5% de significância, em consonância com o maior valor de coeficiente de determinação das equações (R^2).

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados sumarizados da análise de variância feita para a interação entre cultivares de soja e densidades de semeadura. Também na Tabela 2 constam as avaliações do teste de Tukey aplicado somente para comparar cultivares. Quando houve resposta significativa para densidade de semeadura, foi realizada análise de regressão.

Tabela 2. População final de plantas, altura de planta, acamamento e produtividade de grãos de cultivares de soja instaladas com diferentes densidades de semeadura, em São Raimundo das Mangabeiras, MA (SRM) e Tasso Fragoso, MA (TF) na safra 2016/2017.

Tratamento	População de plantas				Altura de planta				Acamamento				Produtividade				
	SRM	TF	SRM	TF	SRM	TF	SRM	TF	SRM	TF	SRM	TF	SRM	TF			
Cultivar	Nº plantas/ha				cm				kg/ha								
BRS Sambaíba RR	198741 a	259635 a	90 bc	91 a	1,69 ab	1,25 a	3063 bc	3418 c									
BRS 333 RR	209375 a	245875 a	93 ab	79 d	1,36 b	1,00 a	3389 a	4842 a									
BRS 8890 RR	211250 a	247916 a	85 c	84 c	1,19 b	1,19 a	2903 c	3886 bc									
BRS 7780 IPRO	213125 a	242994 a	74 d	60 e	1,47 b	1,13 a	3306 ab	3783 bc									
BRS 9180 IPRO	223125 a	252732 a	99 a	83 c	2,19 a	1,13 a	3373 ab	3983 b									
BRS 9383 IPRO	230626 a	249662 a	92 b	88 b	2,12 a	1,19 a	3493 a	4004 b									
Causa da variação	Pr > Fc																
Cultivar (C)	0,36 ^{ns}	0,87 ^{ns}	<0,001**	<0,001**	<0,001**	0,53 ^{ns}	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**		
Densidade semeadura (D)	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	0,77 ^{ns}	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**		
C x D	0,58 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,097 ^{ns}	<0,001**	0,0014**	0,51 ^{ns}	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**		
CV (%)	19,03	14,43	6,49	4,33	32,95	30,60	9,42	11,63									

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo.

A população final de plantas, avaliada após a maturação plena dos grãos (estádio R8), não variou entre as cultivares de soja, assim como, não houve interação significativa entre cultivares e densidades de semeadura, em ambos os locais estudados (Tabela 2). Esses resultados estão condizentes com o planejamento experimental, ou seja, adotou-se método para manter todas as cultivares sob os mesmos padrões de densidades de plantas.

Apesar de ser uma variável quantitativa, a densidade de semeadura contempla um fator qualitativo que é o vigor das sementes. Nesse sentido, além de mensurar o número de sementes viáveis por unidade de área, é imprescindível utilizar sementes com alto nível de vigor para todos os genótipos em estudo, pois, caso contrário, incorre-se em erro técnico. Significa que o aumento da densidade de semeadura pode não compensar prejuízos causados por plantas subdesenvolvidas originadas de sementes de baixo vigor, mesmo que o estande da lavoura seja ajustado. É preciso, portanto, buscar não somente a quantidade ideal de plantas por unidade de área, mas também evitar ou minimizar que se estabeleçam plantas subdesenvolvidas que produzam menos, mesmo em condições favoráveis de ambiente.

Sementes mais vigorosas proporcionam emergência de plântulas mais rápida e uniforme, favorecem o crescimento da parte aérea e das raízes, reduzem o índice de plantas subdesenvolvidas (“dominadas”), conferem maior tolerância a adversidades ambientais e elevam o potencial produtivo (Finch-Savage; Bassel, 2015; Marcos Filho, 2015; Krzyzanowski et al., 2018).

Na Figura 2 verifica-se que a população final de plantas foi incrementada significativamente em função do aumento da densidade de semeadura, para a média geral das seis cultivares, com ajustes de equações lineares para ambas as condições de ambiente. As densidades de plantas obtidas estão condizentes com a realidade de lavouras comerciais, permitindo que se façam aferições de ajuste fitotécnico para compor manuais das cultivares BRS Sambaíba RR, BRS 333 RR, BRS 8890 RR, BRS 7780 IPRO, BRS 9180 IPRO e BRS 9383 IPRO, no âmbito das RECs do MA compatíveis com os ambientes de SMR e TF (Kaster; Farias, 2012; Vilela et al., 2016; Zito et al., 2018; Silva Neto et al., 2018).

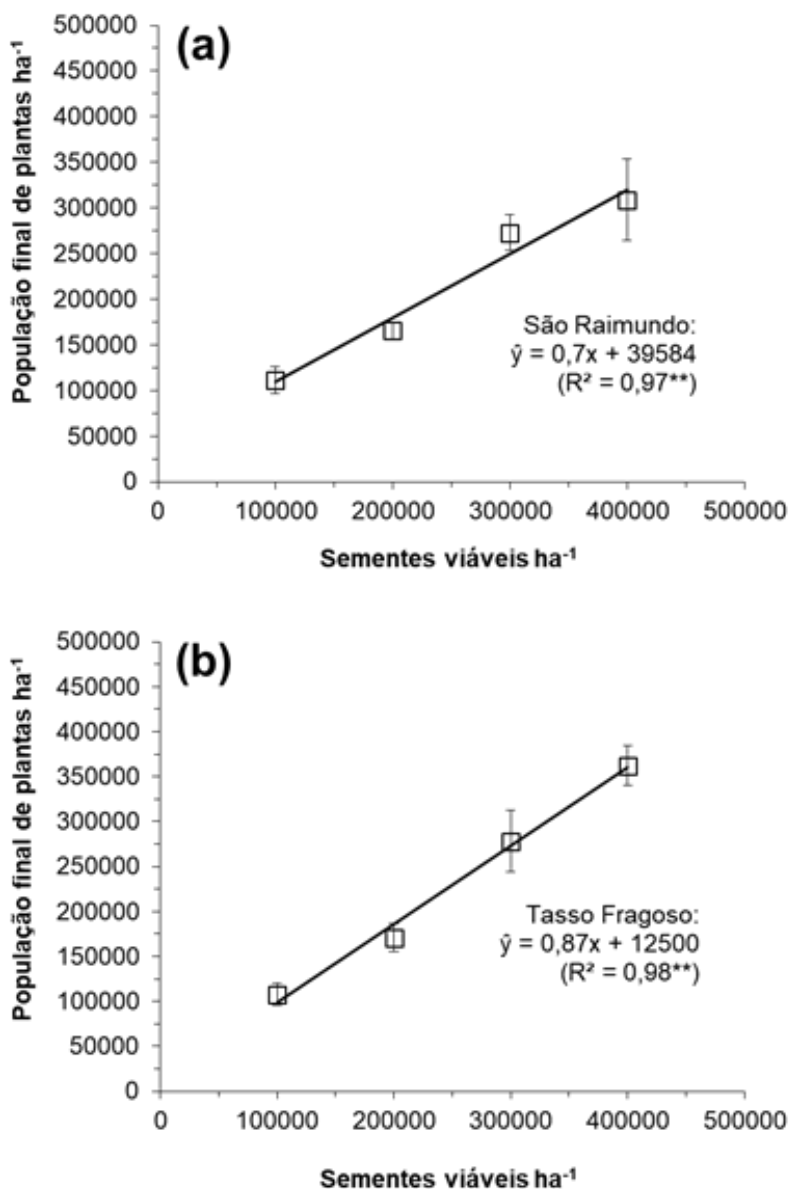


Figura 2. População final de plantas de soja em função da densidade de semeadura em São Raimundo das Mangabeiras, MA (a) e em Tasso Fragoso, MA (b), para a média geral de seis cultivares na safra 2016/2017. * e ** significativos a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente. Barras verticais representam os desvios-padrão das médias observadas (n=4).

Existem discussões recorrentes sobre distinção de perfis de cultivares de soja e suas respostas à densidade de plantas. Nesse contexto, tem-se o trabalho de Bruin e Pedersen (2009), em que, a partir de revisão de literatura, fizeram-se relatos de ganhos de produtividade de 19 kg/ha/ano a 23 kg/ha/ano para cultivares de soja liberadas no mercado até 1977 nos USA. E, mais recentemente, outros estudos apontaram incrementos de 25 kg/ha/ano a 30 kg/ha/ano para cultivares liberadas até 2008 no mesmo país. Segundo Cober et al. (2005) e Specht et al. (1999), citados por Bruin e Pedersen (2009), verificou-se que, com baixas densidades de plantas, houve rendimentos de grãos semelhantes para cultivares novas e antigas quando se buscava maximizar o rendimento por planta. Entretanto, as cultivares modernas tiveram maior adaptabilidade ao incremento da densidade de plantas, com respostas positivas de produtividade.

Há ponderações acerca de estudos de população de plantas na cultura da soja. Não raro utiliza-se o número total de sementes (viáveis e inviáveis) para definir a densidade de semeadura, sem considerar o poder de germinação. Nesses casos, comumente têm-se resultados destoantes em relação às lavouras comerciais. Outro erro recorrente acontece quando se faz explicações sobre o desempenho da soja utilizando somente os valores de densidade de semeadura. Na prática, não são todas as sementes viáveis que originam plantas produtivas, por isso é preciso mensurar a quantidade de plantas finais que sobrevivem até a colheita.

Os componentes de produção da cultura da soja são os seguintes: (1) número de plantas por unidade de área (população final de plantas); (2) número de vagens por planta; (3) número de grãos por vagem; e (4) massa média de grãos (ou massa de 1.000 grãos). Portanto, corroborando a argumentação acima, não há como determinar os componentes de produção sem quantificar a densidade final de plantas.

No presente estudo, no que se refere à altura da soja em SRM, não houve interação significativa entre cultivares e densidades de plantas (Tabela 2). Mas, para a média geral das seis cultivares, em SRM, houve aumento do porte em função do incremento da população da lavoura, com ajuste de equação quadrática (Figura 3a). Significa que as condições climáticas foram favoráveis ao crescimento do dossel das lavouras em geral, independentemente da cultivar, e o adensamento de plantas elevou a competição por luz acarretando estiolamento dos caules (Figuras 1b e 3a).

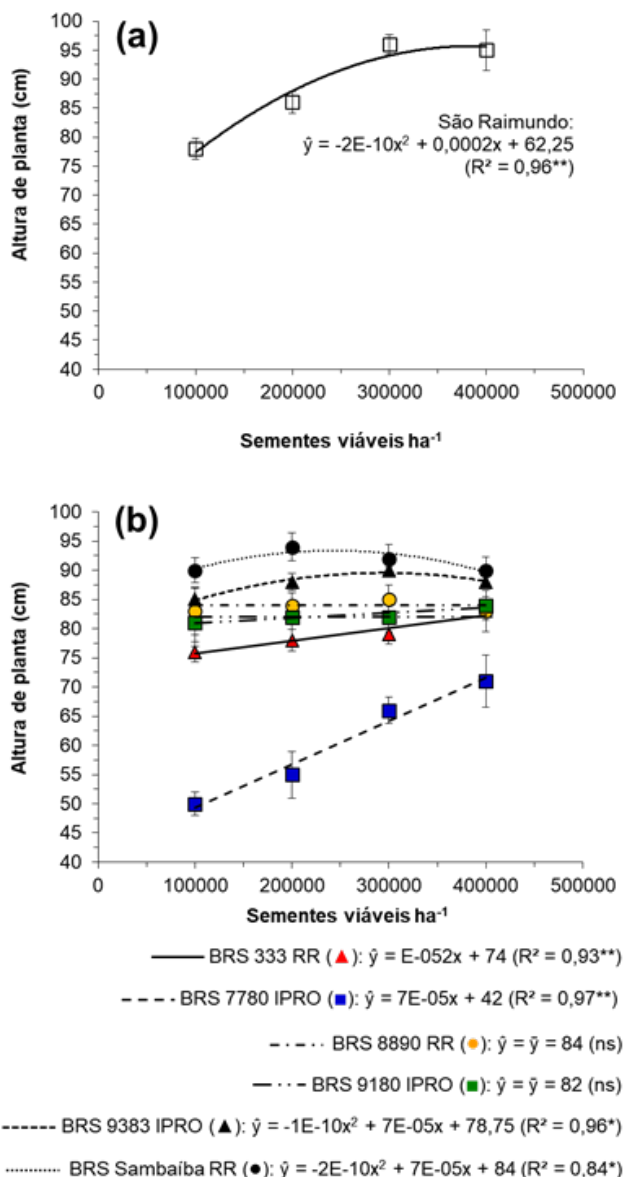


Figura 3. Altura de planta em função da densidade de semeadura para a média geral de seis cultivares de soja em São Raimundo das Mangabeiras, MA (a) e para o desdobramento da interação entre cultivares e densidades de semeadura em Tasso Fragoso, MA (b), na safra 2016/2017. * e ** significativos a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente. ns: não significativo. Barras verticais representam os desvios-padrão das médias observadas ($n=4$).

Em TF, por sua vez, houve interação significativa entre cultivares e densidades de plantas para o porte da soja (Figura 3b). Foram obtidos os seguintes resultados: (1) As cultivares BRS 8890 RR e BRS 9180 IPRO mantiveram suas alturas constantes perante as diferentes densidades; (2) A BRS Sambaíba RR e a BRS 9383 IPRO tiveram incrementos significativos de porte resultantes do aumento da população de plantas, com respostas de equações quadráticas; e (3) A BRS 333 RR e a BRS 7780 IPRO apresentaram elevação de altura em função do adensamento da lavoura, com ajustes de equações lineares.

A competição intraespecífica na cultura da soja causa alteração da altura das plantas. Há duas situações a serem analisadas: (1) Se acontecer estresse em decorrência de adversidades climáticas como, por exemplo, estiagem, eleva-se a competição por água entre as plantas e se incidir no período de elevado potencial de crescimento vegetativo, causa significativa redução do número de nós e do comprimento dos entrenós dos caules (porte menor); e (2) Quando o ambiente é favorável, com elevada oferta de água e nutrientes, tem-se alta taxa de crescimento vegetativo acarretando em aumento do índice de área foliar e, conseqüentemente, eleva-se a competição por luz no dossel e, nessas situações, aumenta-se o número de nós e o comprimento dos entrenós dos caules (porte maior); e também, quando há elevado crescimento vegetativo intensifica-se o acamamento, caso o genótipo seja suscetível.

Há diversos artigos mostrando variações do porte da soja em resposta à densidade de plantas (Tourino et al., 2002; Knebel, et al., 2006; Bruin; Pedersen, 2009; Cox, et al., 2010; Ludwig et al., 2010; Chen; Wiatrak, 2011; Rahman; Hossain, 2011; Suhre, et al., 2014; Thompson et al., 2015). No estudo de Chen e Wiatrak (2011), por exemplo, foram realizados experimentos por três safras com cultivares de soja dos grupos de maturidade relativa (GMR) 4, 5, 6, 7 e 8, submetidas às densidades de 68 mil, 136 mil, 204 mil, 272 mil, 340 mil e 408 mil sementes/ha. Constatou-se aumento da altura de planta em duas das três safras para todas as cultivares dos GMRs 4, 7 e 8, e para as cultivares dos GMRs 5 e 6 houve aumento do porte nas três safras avaliadas.

Quanto ao acamamento, no presente trabalho, em SRM ocorreu interação significativa entre cultivares e densidades de semeadura. Por sua vez, em TF

não houve diferença entre cultivares, assim como, não foi constatada interação entre cultivares e densidades (Figura 4).

Na Figura 4a estão os resultados de acamamento para o desdobramento entre cultivares e densidades de plantas, ocorridos em SRM. As cultivares BRS 8890 RR e BRS Sambaíba RR não sofreram acamamento em resposta ao aumento da população de plantas. Por outro lado, o acamamento da BRS 333 RR, BRS 7780 IPRO, BRS 9180 IPRO e BRS 9383 IPRO aumentou significativamente em função do maior adensamento da lavoura.

Em geral, os índices de acamamento foram relativamente baixos para a maioria das cultivares, nos dois ambientes de produção estudados (Figura 4). Porém, em SRM esse problema atingiu níveis preocupantes para a BRS 9180 IPRO e a BRS 9383 IPRO, com valores da ordem de 3,0 e 4,0, respectivamente, quando foram instaladas com densidades de 400 mil sementes viáveis/ha (Figura 4a).

No experimento realizado em TF, para a média geral das seis cultivares, houve incremento significativo do acamamento em resposta ao aumento da população de plantas. Apesar do problema ter sido intensificado, os maiores índices observados foram da ordem de 1,5 a 2,0, tidos como agronomicamente aceitáveis (Figura 4b).

No que se refere à morfologia das plantas de soja, é fundamental considerar a sua elevada capacidade de ramificação. Por causa disso, comumente define-se o caule como haste principal e os ramos como hastes secundárias. Portanto, o acamamento da soja não é mensurado somente em razão do grau de inclinação do caule (como é feito para o milho, por exemplo), mas avaliando-se o nível de prostração do dossel vegetal como um todo (caule e ramos).

O índice de acamamento na cultura da soja é estabelecido por meio de notas visuais, utilizando-se escala de 1 a 5 para 0% a 100% de plantas prostradas, respectivamente, considerando-se a população de plantas presente na área útil das parcelas experimentais.

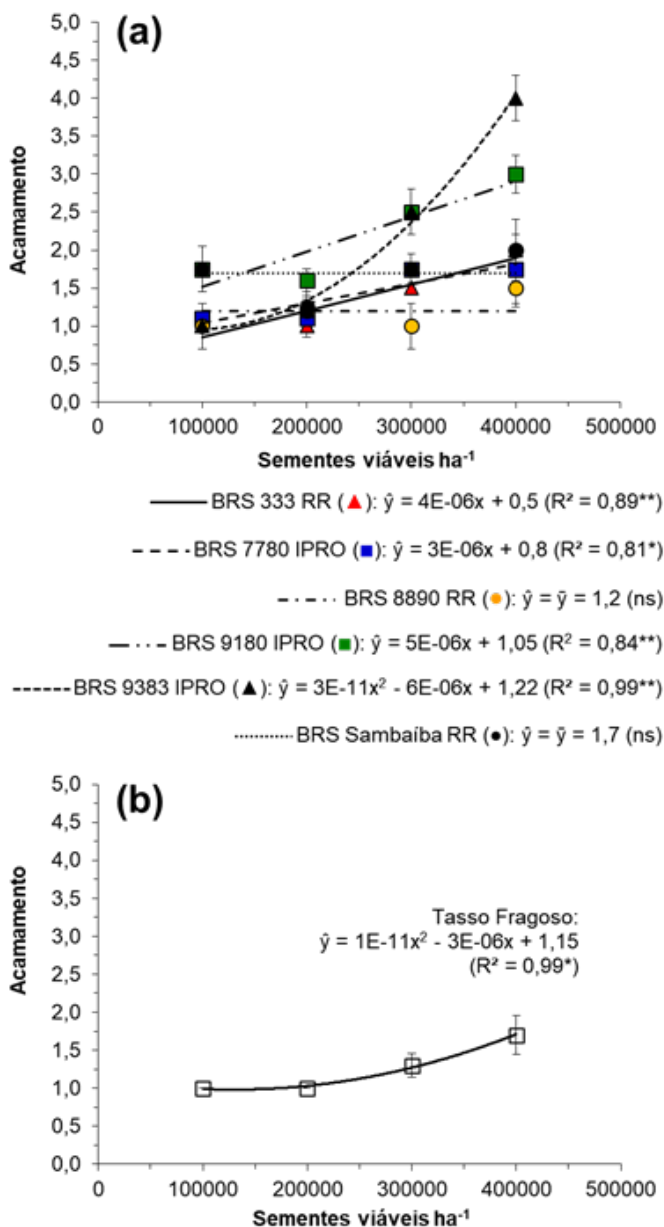


Figura 4. Acamamento de plantas para o desdobramento da interação entre cultivares de soja e densidades de semeadura em São Raimundo das Mangabeiras, MA (a), e para a média geral de seis cultivares em Tasso Fragoso, MA (b), na safra 2016/2017. * e ** significativos a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente. ns: não significativo. Barras verticais representam os desvios-padrão das médias observadas (n=4).

O acamamento da soja é uma anomalia que pode ser insignificante em termos de rendimento de grãos se houver envergamento moderado de caules e ramos. Porém, se ocorrer prostração acentuada do dossel, com obstrução de feixes vasculares e sobreposição expressiva de folhas, há prejuízos fisiológicos que podem levar a perdas de produtividade. Além disso, nas lavouras acamadas podem acontecer perdas de rendimento por causa do ambiente mais favorável à proliferação de doenças, pois, há maior acúmulo de umidade na superfície das folhas em consequência da redução da ventilação e por ficarem mais próximas do solo. Somam-se também prejuízos decorrentes de entraves às operações mecanizadas, especialmente colheita.

Em experimento conduzido na região oeste do Paraná, Knebel et al. (2006) constataram acamamento grave na soja e houve incremento significativo do problema em função do aumento da densidade de plantas. Os índices de acamamento verificados foram de 2,93, 3,45 e 4,40 para 200 mil, 400 mil e 600 mil plantas por hectare, respectivamente. Por outro lado, em trabalho conduzido nos USA por duas safras, Cox et al. (2010) observaram acamamento irrelevante na soja, com índices médios de 1,06, 1,10 e 1,14 para densidades de 358 mil, 469 mil e 588 mil sementes por hectare, respectivamente.

Com base nos resultados do presente trabalho e de outros da literatura (Tourino et al., 2002; Knebel, et al., 2006; Cox, et al., 2010; Ludwig et al., 2010; Chen; Wiatrak, 2011; Rahman; Hossain, 2011; Suhre, et al., 2014; Thompson et al., 2015; Matsuo et al., 2018), reafirma-se que o acamamento na cultura da soja é resultante de interações entre genótipo, ambiente e manejo. Para reforçar essa explanação, verifica-se na Figura 4a que a cultivar BRS 9383 IPRO teve índice de acamamento em torno de 4,0 quando foi instalada com 400 mil sementes viáveis por hectare em SRM. E no ambiente de TF (Figura 4b), não houve acamamento acima de 2,0 para nenhuma das cultivares estudadas, mesmo quando foram utilizadas elevadas densidades de plantas.

Na Figura 5 estão os dados de produtividade de grãos obtidos em SRM e TF. Em ambos os ambientes houve interação significativa entre cultivares e densidades de semeadura. Em SRM foram constatados os seguintes resultados (Figura 5a): (1) As cultivares BRS 9180 IPRO, BRS 9383 IPRO e BRS Sambaíba RR não responderam à densidade de plantas; (2) A BRS 333 RR e BRS 8890 RR tiveram ganhos significativos de produtividade em função do aumento da população da lavoura, com ajustes de equações quadráticas; e

(3) A BRS 7780 IPRO alcançou a máxima produtividade, entre todas as cultivares avaliadas em SRM, de cerca de 4.500 kg/ha, contudo, essa performance ocorreu com a menor densidade de 100 mil sementes viáveis por hectare.

A produtividade de grãos em TF teve os seguintes valores (Figura 5b): (1) A BRS 333 RR, BRS 7780 IPRO e BRS 8890 RR apresentaram ganhos significativos de rendimento em função do aumento da densidade de semeadura, com ajustes de equações lineares; (2) A BRS 9180 IPRO e a BRS Sambaíba RR tiveram incrementos de produtividade resultantes do adensamento da cultura, com respostas de equações quadráticas; (3) A BRS 9383 IPRO teve decréscimo de produtividade em decorrência do incremento da população de plantas; e (4) O destaque de produtividade foi para a BRS 333 RR, que alcançou cerca de 5.500 kg/ha com densidade de 400 mil sementes viáveis por hectare.

No trabalho de Umburanas et al. (2019) foram conduzidos experimentos por duas safras, em região de clima subtropical de elevadas altitudes no Centro-Sul do Paraná, nos quais avaliou-se cultivar de soja de GMR 5.3 submetida a três épocas de semeadura (outubro, novembro e dezembro) e quatro densidades de 150 mil, 250 mil, 350 mil e 450 mil plantas por hectare. Constatou-se interação significativa entre esses dois fatores, com os seguintes resultados: (1) Na semeadura de outubro não houve variação de produtividade em resposta à densidade de plantas, ou seja, o rendimento médio foi de 4,74 t/ha com populações de 150 mil a 450 mil plantas por hectare; (2) Em novembro houve incremento significativo de produtividade em função do adensamento da lavoura, com ajuste de equação quadrática, e o máximo resultado foi de 4,83 t/ha com cerca de 350 mil plantas por hectare; e (3) Na semeadura de dezembro também houve resposta significativa de produtividade em razão da elevação da densidade de plantas, com ajuste de equação quadrática e o máximo valor alcançado foi de 4,57 t/ha com densidade acima de 350 mil plantas por hectare.

Os resultados de Umburanas et al. (2019) reforçam o conceito fitotécnico sobre a importância de elucidar interações entre ambientes de produção e processos de manejo. Neste trabalho, evidenciou-se ausência de resposta à população de plantas na semeadura de outubro, mesmo com ampla variação de 150 mil a 450 mil plantas por hectare. Mas, nas semeaduras de novembro e dezembro foram necessárias elevadas densidades de 350 mil a 400 mil plantas por hectare para que a soja expressasse o seu máximo rendimento.

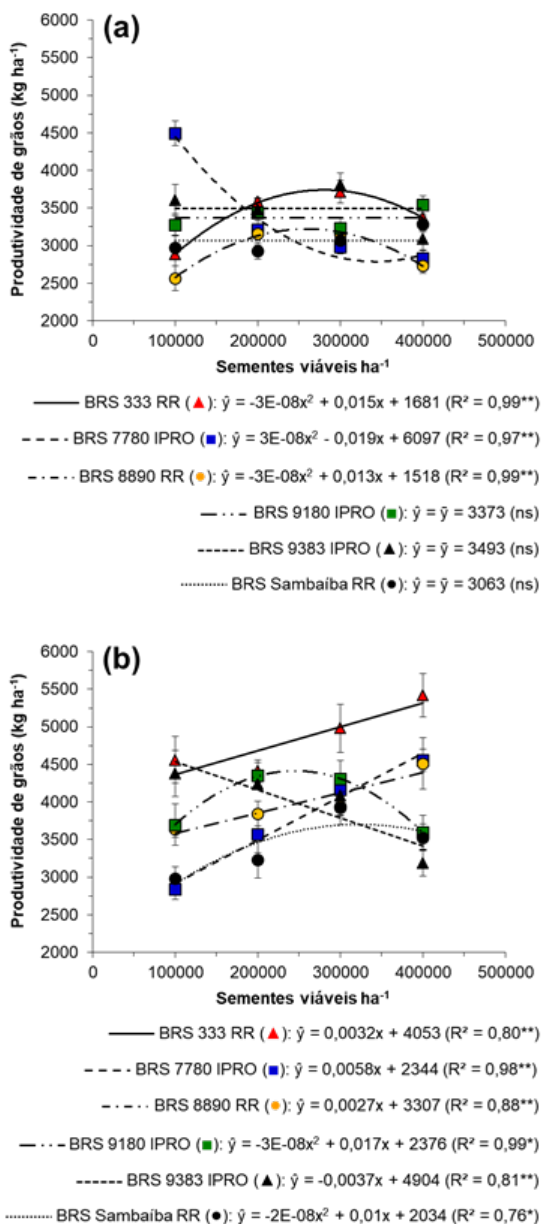


Figura 5. Produtividade de grãos para o desdobramento da interação entre cultivares de soja e densidades de semeadura em São Raimundo das Mangabeiras, MA (a) e em Tasso Fragoso, MA (b), na safra 2016/2017. * e ** significativos a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente. ns: não significativo. Barras verticais representam os desvios-padrão das médias observadas (n=4).

No presente estudo também foi constatado que o rendimento da soja tem expressiva dependência da interação entre ambiente, genótipo e ajuste fitotécnico, corroborando resultados de vários trabalhos (Tourino et al., 2002; Knebel, et al., 2006; Bruin; Pedersen, 2009; Cox, et al., 2010; Ludwig et al., 2010; Chen; Wiatrak, 2011; Rahman; Hossain, 2011; Suhre, et al., 2014; Thompson et al., 2015; Matsuo et al., 2018; Umburanas et al., 2019).

Conclusão

1. As populações finais de plantas apresentaram variações dentro de padrões agrônômicos preconizados para a cultura da soja, possibilitando que se façam aferições fitotécnicas para posicionamento das cultivares BRS em lavouras comerciais no Maranhão;

2. A altura da soja foi responsiva à densidade de semeadura e mostrou ser importante atributo para elucidar a dinâmica de crescimento de cultivares de soja;

3. O acamamento atingiu níveis elevados em cultivares suscetíveis, quando as mesmas foram instaladas com elevadas densidades de semeadura em ambiente favorável ao crescimento vegetativo da cultura;

4. No contexto da interação entre genótipo, ambiente e manejo, o ajuste da população de plantas foi procedimento efetivo para incrementar a produtividade de grãos de soja.

Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 395 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento agrícola**. 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/zoneamento-agricola>>. Acesso em: 22 nov. 2019.

BRUIN, J. L. de; PEDERSEN, P. New and old soybean cultivar responses to plant density and intercepted light. **Crop Science**, v. 49, p. 2225-2232, 2009.

CHEN, G.; WIATRAK, P. Seeding rate effects on soybean height, yield, and economic return. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 1301-1307, 2011.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 1)

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, v. 6 - safra 2018/19, n. 11, décimo primeiro levantamento, ago. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/28059_aa1796452a062bb311354e7f32e7e664>. Acesso em: 14 set. 2019.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H.; SHIELDS, E. Soybeans compensate at low seeding rates but not at high thinning rates. **Agronomy Journal**, v. 120, p. 1238-1243, 2010.

EVANGELISTA, B. A.; SILVA, F. A. M. da; SIMON, J.; CAMPOS, L. J. M.; VALE, T. M. do. **Zoneamento de risco climático para determinação de épocas de semeadura da cultura da soja na região MATOPIBA**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2017. 44 p. (Embrapa Pesca e Aquicultura. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 18)

FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigor and crop establishment: extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, p. 1-25, 2015.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola - LSPA**: Tabelas- Novembro 2019. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?edicao=26298&t=resultados>>. Acesso em: 26 nov. 2019.

KASTER, M.; FARIAS, J. R. B. **Regionalização dos testes de Valor de Cultivo e Uso e da indicação de cultivares de soja - terceira aproximação**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 70 p. (Embrapa Soja. Documentos, 330)

KNEBEL, J. L.; GUIMARÃES, V. F.; ANDREOTTI, M.; STANGARLIN, J. R. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agrônômicos em soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, p. 385-392, 2006.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja**: fator importante para a produção da cultura. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 24 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 136).

LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M. C.; LUCCA-FILHO, O. A.; ZABOT, L.; UHRY D.; LISBOA, J. I.; JAUER, A. Características morfológicas de cultivares de soja convencionais e Roundup Ready em função da época e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 40, p. 759-767, 2010.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015, 660 p.

MATSUO, N.; YAMADA, T.; TAKADA, Y.; FUKAMI, K.; HAJIKA, M. Effect of plant density on growth and yield of new soybean genotypes grown under early planting condition in southwestern Japan. **Plant Production Science**, v. 21, n. 1, p. 16-25, 2018. DOI: 10.1080/1343943X.2018.1432981.

RAHMAN, M. M.; HOSSAIN, M. M. Plant density effects on growth, yield and yield components of two soybean varieties under equidistant planting arrangement. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 10, p. 278-286, 2011.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SILVA NETO, S. P. da; PEREIRA, A. F.; SILVA, S. A. da; WILCHES, C. da E.; ARIAS, C. A. A.; DIAS, W. P.; OLIVEIRA, M. F. de. **Cultivares de soja convencionais e transgênicas (RR e IPRO)**: Brasil Central e MATOPIBA. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2018. 50 p.

SUHRE, J. J.; WEIDENBENNER, N. H.; ROWNTREE, S. C.; WILSON, E. W.; NAEVE, S. L.; CONLEY, S. P.; CASTEEL, S. N.; DIERS, B. W.; ESKER, P. D.; SPECHT, J. E.; DAVIS, V. M. Soybean yield partitioning changes revealed by genetic gain and seeding rate interactions. **Agronomy Journal**, v. 106, p. 1631-1642, 2014.

TECNOLOGIAS de produção de soja - Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 16).

THOMPSON, N. M.; LARSON, J. A.; LAMBERT, D. M.; ROBERTS, R. K.; MENGISTU, A.; BELLALLOUI, N.; WALKER, E. R. Mid-south soybean yield and net return as affected by plant population and row spacing. **Agronomy Journal**, v. 107, p. 979-989, 2015.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M. de; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1071-1077, 2002.

UMBURANAS, R. C.; YOKOYAMA, A. H.; BALENA, L.; DOURADO-NETO, D.; TEIXEIRA, W. F.; ZITO, R. K.; REICHARDT, K.; KAWAKAMI, J. Soybean yield in different sowing dates and seeding rates in a subtropical environment. **International Journal of Plant Production**, v. 13, p. 117-128, 2019.

VILELA, G. F.; PEREIRA, M. J. Z.; KLEPKER, D.; MOREIRA, J. U. V.; VIEIRA, P. F. de M. J.; RABELO, C. F. S.; BEZERRA, J. W. T.; PEREIRA, A. F.; SILVA NETO, S. P. da. **Cultivares de soja: macrorregiões 4 e 5 norte e nordeste do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 56 p. (Catálogo, 02/2016).

ZITO, R. K.; MELLO FILHO, O. L. de; PEREIRA, M. J. Z.; MEYER, M. C.; HIROSE, E.; NICOLI, C. M. L.; COSTA, S. V. da; MEDEIROS de NETO, C. D.; NUNES JÚNIOR, J.; VIEIRA, N. E.; SEIL, A. H.; MÜLLICH, J. R.; PIMENTA, C. B.; SANCHEZ, I.; MOREIRA, A. J. A.; NUNES, M. R.; DESSIMONE, M. G. L.; MORAIS JUNIOR, O. P. de; NEIVA, L. C. da S.; BARROS, A. C. de; SOARES FILHO, R. **Cultivares de soja Macrorregiões 3, 4 e 5 Goiás e Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 52 p. (Catálogo, 02/2018).

